

году будет создана провозная способность на подходах к портам Северо-Западного бассейна 156,2 млн т. По результатам выполненных расчетов надлежит актуализировать детальный план с включением дополнительных мероприятий, направленных на обеспечение перевозки грузов Союзного государства. При этом необходимо дополнительное развитие пропускных способностей направлений Дмитров – Сонково – Мга (второй этап развития), Заверезье – Дно – Гатчина и использование высвобожденных пропускных способностей существующих направлений.

Другим крупным комплексом проблем является дальнейшее развитие транспортно-экономических связей Союзного государства с Китайской Народной Республикой и государствами Центральной и Южной Азии, которое основано прежде всего на контейнеризации перевозок широкой номенклатуры грузов с соответствующим развитием терминальной сети, инфраструктурного и ресурсного обеспечения перевозок в контейнерных поездах, в том числе длинносоставных, объединенных, скоростных.

Список литературы

- 1 Комплексные решения проблем развития инфраструктуры и перевозочных ресурсов / А. Ф. Бородин [и др.] // Мир транспорта, 2017. – Т. 15, № 1. – С. 6–17.
- 2 Повышение и использование перевозочной мощности полигонов сети: эффективные стратегия и тактика / А. Ф. Бородин [и др.] // Железнодорожный транспорт, 2022. – № 7. – С. 8–16.
- 3 Взаимодействие и развитие железнодорожных узлов Центра и Северо-Запада сети ОАО «РЖД» / А. Ф. Бородин [и др.] // Бюллетень ученого совета АО «ИЭРТ». – 2023. – № 8–1. – С. 44–61.
- 4 Методы гибридной технологии имитационного моделирования при выборе вариантов реконструктивных мероприятий по развитию железнодорожных направлений и крупных узлов / А. Ф. Бородин [и др.] // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2021) : тр. четырнадцатой Междунар. конф. / под общ. ред. С. Н. Васильева, А. Д. Цвиркуна. – М., 2021. – С. 963–971.
- 5 Пулатов, П. Н. Организация вагонопотоков и рационализация эксплуатационной работы при перевозках в международном сообщении / П. Н. Пулатов, Д. В. Рубцов // Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование (ИСУЖТ-2018) : тр. седьмой науч.-техн. конф. – М. : НИИАС, 2018. – С. 35–39.

УДК 656.225:004.896

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ ЦИФРОВОГО ВИРТУАЛЬНОГО ГРУЗОВОГО ПОЕЗДА В РЕШЕНИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАДАЧ

В. В. ВДОВЕНКО, В. Г. КУЗНЕЦОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Основной транспортной единицей Единой технологии перевозочного процесса (ЕТПП) на железнодорожном транспорте является грузовой поезд, который объединяет состав вагонов и локомотив в соответствии с планом формирования (ПФ), графиком движения (ГДП) и другими НПА. В информационном плане грузовой поезд интегрирует большой массив данных о грузах, вагонах, тяговом подвижном составе, собственниках, месте нахождения в транспортной сети и состоянии в транспортном процессе [1]. В системах оперативного управления информация о грузовом поезде синтезируется в АСУ локального уровня участниками перевозочного процесса (перевозчиками, клиентами, экспедиторами, операторами и т. п.) на основе первичных данных о грузе, транспортных средствах, операциях, а также иных условиях и событиях. Процесс перехода от бумажных носителей к электронным средствам коммуникаций на основе электронного натурального листа (ЭНЛ), электронного документооборота, электронной перевозки и подобных информационных средств позволяет создать цифровой виртуальный грузовой поезд (ЦВГП) [1, 2].

ЦВГП является интегрированным информационным транспортным объектом (объединяет информацию о грузах, вагонах и локомотивах в один объект – переменный массив данных) интеллектуальной технологической системы автоматизированного управления перемещением грузов и транспортных средств посредством комплексных отраслевых систем ИАС ПУР ГП (БЧ), АСОУПЗ (РЖД) и т. п. (обобщенно ИСУПП – информационная система управления перевозочным процес-

сом). Использование ЦВГП позволяет расширить возможности применения интеллектуальных технологий в системах управления железных дорог (ЦУП, ЦУМР и др.), логистических цепях доставки грузов клиентов, перевозчиков, экспедиторов и других участников перевозочного процесса [3].

Концепция использования ЦВГП основывается на корпоративной информационной базе ИАС ПУР ГП (ИСУПП) и ее модели перевозочного процесса (МПП), которая имеет достаточную структуру, необходимую для ЦВГП: поездная модель (ПМД); локомотивная модель (ЛМД); модель отправок (ОМД); вагонная модель (ВМД) [4].

Поездная модель (ПМД) является важнейшей сетевой моделью перевозочного процесса и представляет собой совокупность массивов, отражающих информацию о составах поездов и операциях с ними на станциях. Предлагается следующий идентификатор ПМД, который отражает параметры ЦВГП исходя из задач формирования и пропуски поезда:

$$I^{ПМД} = \{(P_{pq}, Q, m, \vartheta_T, \dots); (T_{\phi}, T_{\text{обр.о}}, T_{\text{пр.л}}, T_{\text{отпр}}, \dots); \{T_s\}, \dots, (T_{\text{приб}}, T_{\text{обр.п}}, \dots)\},$$

где P_{pq} – станция формирования и назначения; Q – вес поезда; m – длина состава, в вагонах; ϑ_T – ограничение скорости по грузу или по вагону; T_{ϕ} – время формирования поезда; $T_{\text{обр.о}}$ – время обработки поезда по отправлению; $T_{\text{пр.л}}$ – время прицепки поездного локомотива; $T_{\text{отпр}}$ – время отправления; $\{T_s\}$ – совокупность операций проследования поездом станций; $T_{\text{приб}}$ – время прибытия на станцию расформирования; $T_{\text{обр.п}}$ – время обработки состава по прибытии.

Отправочная модель дороги (ОМД) обеспечивает информацию о вагоне с грузом. ОМД позволяет через ЦВГП отслеживать пользователям (по установленному протоколу с использованием блокчейн-технологий) перемещение и состояния вагона с грузом в железнодорожной сети.

Основой формирования базы данных ОМД является АС «Электронная перевозка», с помощью которой грузоотправители подают заявку на перевозку. В автоматизированной системе САПОД формируется в электронном виде необходимая информация о грузах в виде товаротранспортных и товаросопроводительных документов. Данная информация транслируется в ИАС ПУР ГП, что позволяет сформировать ЭНЛ, который содержит необходимую информацию о грузах и является основой ЦВГП. Предлагается следующий идентификатор ОМД, который включает необходимые для ЦВГП параметры, отражаемые этой моделью:

$$I^{МОД} = \{(\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3, \Gamma_{pq}; \dots \{\Gamma\}); (T_1^r, T_2^r, T_3^r, T_4^r, \dots)\},$$

где Γ_1 – род груза в соответствии с номенклатурой; Γ_2 – объем перевозимого груза; Γ_3 – особенности груза в соответствии с Правилами перевозок; Γ_{pq} – станция погрузки и выгрузки; $\{\Gamma\}$ – совокупность других параметров; T_1^r – подача заявки на перевозку; T_2^r – предъявление груза к перевозке; T_3^r – хранение на складе; T_4^r – погрузка груза в вагон и др.

Вагонная модель дороги (ВМД) зарождается посредством банка данных АС САПОД (ЭТРАН) и представляет собой подсистемы данных, отражающих информацию о каждом вагоне и имеющий основной ключ доступа – инвентарный номер вагона. Предлагается следующий идентификатор ВМД, который включает необходимые для ЦВГП параметры, отражаемые в модели:

$$I^{ВМД} = \{(V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, \dots); (T_{\text{п}}, T_{\text{в}}, T_{\text{р}}, \dots)\},$$

где V_1 – тип вагона; V_2 – грузоподъемность; V_3 – ограничение скорости; V_4 – объем кузова; V_5 – категория годности; $T_{\text{п}}$ – операция погрузки; $T_{\text{в}}$ – операция выгрузки; $T_{\text{р}}$ – техническое обслуживание (текущий, деповской) и др.

На путях накопления станции моделируется процесс составообразования в соответствии с множеством установленных назначений ПФ по согласованным расчетным параметрам. Из вагонной модели идентифицируются данные на каждый вагон формируемого состава ЦВГП с новым набором характеристик: количество вагонов по роду подвижного состава и состоянию, условная длина состава, вес поезда, особые условия перемещения вагонов в составе и т. д. После того как состав сформировался, в модель ЦВГП включаются локомотив и локомотивная бригада, моделируется график отправления его со станции.

Локомотивная модель дороги (ЛМД) используется для решения задач управления локомотивным парком и содержит сведения о продвижении локомотивов и изменении их состояний, об объединении и разъединении секций локомотивов, об изменении контролируемого парка локомотивов и др. Локомотивная часть ЦВГП определяет тяговые возможности в процессе движения грузового поезда от станции формирования до станции расформирования и параметры движения поезда по участкам в соответствии с ГДП. Предлагается следующий идентификатор ЛМД, который включает необходимые параметры, отражаемые этой моделью:

$$I^{ЛМД} = \{ (L_T, L_C, L_M, L_B, L_{сек}, \dots); (T_{вых}, T_{пр}, T_o, \dots, \{T_s\} \dots) \},$$

где L_T – тип локомотива; L_C – серия локомотива; L_M – мощность; L_B – ограничение скорости; $L_{сек}$ – секционность; $T_{вых}$ – выход из депо; $T_{пр}$ – прицепка локомотива к составу; T_o – отправление состава; $\{T_s\}$ – операции в пути из ПМД и др.

Поездная модель железнодорожной администрации (ЖДА) формируется на основе ЭНЛ-ТГНЛ, которая образуется на станции формирования поездов каждой железной дороги, и должна быть сопряжена с данными взаимодействующих железных дорог. Исходя из условий поездообразования на технических станциях и пропуска по участкам на маршруте следования может быть установлен идентификатор ЦВГП, через необходимую совокупность параметров, приемлемых перевозчику, оператору инфраструктуры и иным участникам перевозочного процесса:

$$I^{ЦВГП} = (\{m\}; \{Q\}; \{P_n\}; \{P_q\}; \{T_p, T_q\} \dots).$$

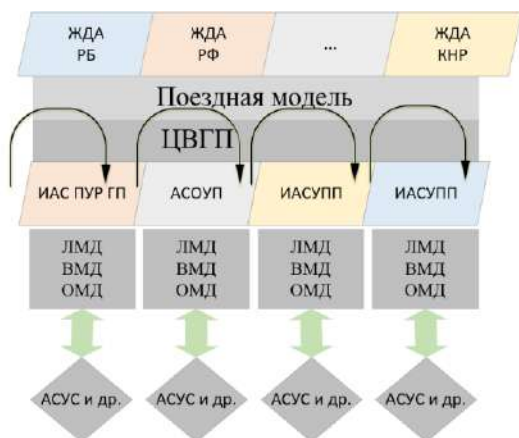


Рисунок 1 – Циркуляция информации ЦВГП через модели и системы

Модель ЦВГП реализуется через сетевую распределительную систему и должна обеспечить передачу данных из одной системы в другую и доступ пользователям (рисунок 1).

Информационная среда ЕТПП на железнодорожном транспорте формируется посредством локальных, интегрированных отраслевых и межотраслевых автоматизированных систем, которые создают исходную базу данных для информационной среды ЦВГП: АС «МЕСПЛАН»; АС ССП; АС «Электронная перевозка»; АС САПОД; АСУС и других [5].

В ИСУПП может быть использован функционал цифровой технологии «Блокчейн». В системе управления движением грузовых поездов блокчейн-технологии позволяют повысить качество планирования и регулирования процессов ЕТПП, что обеспечи-

вает устойчивость цепочки перемещения вагонов в поездах и снижение поездных затрат ЕТПП. Блокчейн-технологии позволяют идентифицировать участников транзакционных отношений при реализации ЕТПП, что снижает риски и дополнительные расходы.

Развитие геоинформационных систем (ГИС) позволяет перейти на новый уровень использования ЭНЛ и осуществить посредством ЦВГП привязку вагонов к объектам инфраструктуры, привязку вагонов к клиентам на станциях, привязку вагонов к маневровым локомотивам и др.

Применение ЦВГП актуально при решении следующих задач:

- автоматизации планирования маневровой работы на технических станциях за счет моделирования поездообразования;
- автоматизации тяговых ресурсов и расчет параметров движения поезда по участку;
- автоматизации ведения грузовых поездов на участках;
- автоматизации разработки актуального ГДП;
- планирования подвода вагонов к клиентам, геоинформационной локации грузов клиентов на маршруте следования в реальном масштабе времени;
- взаимодействие участников перевозочного процесса на основе блокчейн-технологий;
- автоматизация планирования поездной работы в ЦУП, ЦУМР железных дорог.

Для повышения качества оперативного управления необходимо повышать объем автоматизированной обработки данных, уровень автоматизированного информационного обеспечения. Внедрение технологии ЦВГП позволяет:

- повысить уровень автоматизации информационного обеспечения за счет создания нового информационного решения ЦВГП, которое учитывает необходимые атрибуты данных (ПМД, ВМД, МОД, ЛМД) и дислокацию на сети грузовых поездов в реальном масштабе времени;
- создавать новые информационные решения для управления поездообразованием и регулирования движением поездов, основанные на ГБД (геоинформационных базах данных), элементом этой базы является ЦВГП;
- уменьшить энтропию принятия управленческих решений, за счет возможности развития информационно-аналитических методов управления и моделирования поездной работы с использованием ЦВГП (ЦУП, ЦУМР, станции, клиенты).

Список литературы

- 1 Автоматизированные диспетчерские центры управления эксплуатационной работой железных дорог : [монография] / П. С. Грунтов [и др.] ; под общ. ред. П. С. Грунтова. – М. : Транспорт, 1990. – 288 с.
- 2 **Ерофеев, А. А.** Интеллектуальные система управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте : [монография] / А. А. Ерофеев. – Гомель : БелГУТ, 2022. – 407 с.
- 3 **Вдовенко, В. В.** Информационная среда формирования модели цифрового виртуального грузового поезда / В. В. Вдовенко // Сборник студенческих научных работ. – Гомель : БелГУТ, 2023.
- 4 **Буянов, В. А.** Автоматизированные информационные системы на железнодорожном транспорте / В. А. Буянов, Г. С. Ратин. – М. : Транспорт, 1984. – 238 с.
- 5 **Кузнецов, В. Г.** Комплексный подход к информационным технологиям оперативного управления поездной работой на Белорусской железной дороге / В. Г. Кузнецов, А. А. Ерофеев, М. В. Федорцов // Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте (ИСУЖТ–2013). – М., 2013. – С. 80–82.

УДК 656.222.3

ИННОВАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОРГАНИЗАЦИИ ВАГОНОПОТОКОВ

С. В. ДОРОШКО, В. Я. НЕГРЕЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Существенные колебания и уменьшение мощности назначений вагонопотоков значительно увеличили простой транзитных вагонопотоков. Смещение мощности струй вагонопотоков в зону 50–100 вагонов в сутки приводит к повышению чувствительности критерия оптимальность управления вагонопотоками и требует поиска инновационных технологий.

Принципиальным ограничением действующей системы организации вагонопотоков является принятие решений на основе средних значений вагонопотоков и жестких требований плана формирования поездов.

Прежде всего необходимо изменить подходы к выбору расчетных вагонопотоков. Теоретический анализ и решение важнейших вопросов системы организации перевозок показывает, что они были выполнены при достаточно жестких ограничениях и допущениях, которые не в полной мере учитывают реальные условия работы железнодорожных станций и сегодня на практике используется вариант, который рекомендует вести расчеты на средние плановые вагонопотоки. Например, вероятностный характер колебаний транспортных потоков представлен детерминированной моделью. Исследования, выполненные в БелГУТе, НИИЖТе, МГУПСе, НИИЖТе, ПГУПСе, ХГАЖТе, ДГУЖТе и других организациях, доказали вероятностную природу транспортных потоков, и были предложены адекватные методы ее описания. Исследования колебаний мощности назначений плана формирования, показали, что суммарное распределение суточных колебаний струй вагонопотоков при $N \geq 120$ ваг./сут описываются в большинстве ситуаций с достаточной для практических целей точностью нормальным законом распределения. При значениях мощности вагонопотока N менее 120 ваг./сут суммарное распределение суточных колебаний струй вагонопотоков описывается нормальным или законами Эрланга или Пуассона, в отдельных случаях логарифмически нормальным законом или законом Эрланга (существующие условия работы Белорусской железной дороги в большинстве мощности струй вагонопотоков колеблются в диапазоне $N = 4 \dots 80$ ваг./сут).